

## К ХАРАКТЕРИСТИКЕ ЯВЛЕНИЙ РАСПАДА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ NaCl-KCl ИЗ ФУМАРОЛЫ АРСЕНАТНОЙ (ВУЛКАН ТОЛБАЧИК, КАМЧАТКА)

Ханин Д.А.<sup>1,2</sup>, Чубаров В.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Геологический факультет,  
г. Москва, tamontenok49@yandex.ru

<sup>2</sup>Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский

Фумарольные образования шлаковых конусов БТТИ (Большое трещинное Толбачинское извержение 1975-76 гг [Большое..., 1980]) являются прекрасными полигонами для изучения особенностей процессов минералообразования при высоких температурах (до 500°C) и атмосферном давлении и позволяют непосредственно наблюдать результаты этих процессов. Среди минералов, образовавшихся из газовой фазы, здесь одними из наиболее распространенных являются галит и сильвин. Образования, сложенные ими, как отмечается в ряде работ [Вергасова, 1983; Набоко, 1947; Пийп, 1956; Серафимова, 1979], относятся к продуктам прямого осаждения из разнообразных вулканических эксгаляций. Неоднородность в строении галит-сильвиновых агрегатов из фумарол Толбачика впервые охарактеризована С.К. Филатовым и Л.П. Вергасовой [Филатов, Вергасова, 2002] на материале из фумарол на различных лавовых потоках и шлаковых конусов БТТИ.

Для изучения нами были отобраны образцы из участков фумаролы Арсенатной на Втором конусе Северного прорыва БТТИ, различающихся по температуре и минеральным ассоциациям. Их исследование проводилось по истечении четырех месяцев – периода, за которой, по данным [Сафонов, Цыганков, 2011], происходит окончательный распад твердого раствора NaCl-KCl. В основном изученные нами хлориды образуют прозрачные скелетные кристаллы до 5 мм в поперечнике кубического габитуса (образцы 1Ks-5 из наиболее горячей зоны с температурой до 500°C), их щетки и кристаллические корки. Из-за обилия

газово-жидких включений кристаллы нередко приобретают молочно-белый цвет. Также были отобраны сплошные молочно-белые корки (образцы 6 и 7), покрывающие куски шлака на участках с небольшой температурой (до 200°C), которые контактировали с атмосферной влагой. Внутреннее строение кристаллов и корок весьма схоже – в отраженном свете отчетливо видно присутствие двух фаз, которые по своему составу отвечают KCl и NaCl, что хорошо видно и под растровым электронным микроскопом в обратно-рассеянных электронах (рис. 1 а, б). Эти фазы образуют выделения неправильной формы до нескольких миллиметров в поперечнике. В образцах 1Ks, 2,3,4,5 на свежем сколе наблюдаются включения более мелких выделений NaCl и KCl в галит-сильвиновом агрегате. Они представляют собой выделения прямоугольного сечения от 2 до 5 мкм в поперечнике и по составу практически не отличаются от основной массы. Соотношения фаз KCl и NaCl для образцов из разных зон фумаролы Арсенатной различны и приведены в таблице 1. Средние содержания основных компонентов в разных фазах показаны в таблице 2.

В целом для системы NaCl-KCl из фумаролы Арсенатной отношение NaCl:KCl увеличивается по мере уменьшения температуры. Наиболее “чи-

Таблица 1. Соотношение содержания KCl и NaCl, об.%

Образец №	1 Ks	1	2	3	4	5	6	7
NaCl	50	100	30	50	70	10	100	95
KCl	50	-	70	50	30	90	-	5

Таблица 2. Интервалы содержаний основных компонентов в продуктах распада твердого раствора NaCl-KCl в образцах из разных зон

№	1	1ks*	1ks	2*	2	3*	3	4*	4	5*	5	6	7*	7
Na	39.1-40.1	3.1 -5.1	35.1-37.7	3.6 -4.0	37.0-38.6	4.09-5.84	37.2-37.5	1.9 -6.3	35.9-39.6	1.0 -5.4	33.6-39.0	39.1-40.0	1.5 -2.8	37.5-39.0
K	0.2 -0.8	46.4-48.9	2.0 -7.2	47.8-48.8	2.0 -2.8	45.3-47.7	3.5 -3.8	45.6-50.8	1.8 -5.9	45.9-51.1	1.3 -7.0	До 0.2	48.6-50.9	1.2 -1.5
Cl	60.3-61.7	48.0-49.0	58.3-60.5	48.1-48.6	59.1-60.0	48.3-49.0	58.1-60.6	47.4-49.6	59.3-60.4	46.8-49.3	57.4-61.4	60.3-61.5	47.4-48.5	59.2-61.0

Примечания: \* - составы отвечают Na-содержащему сильвину.

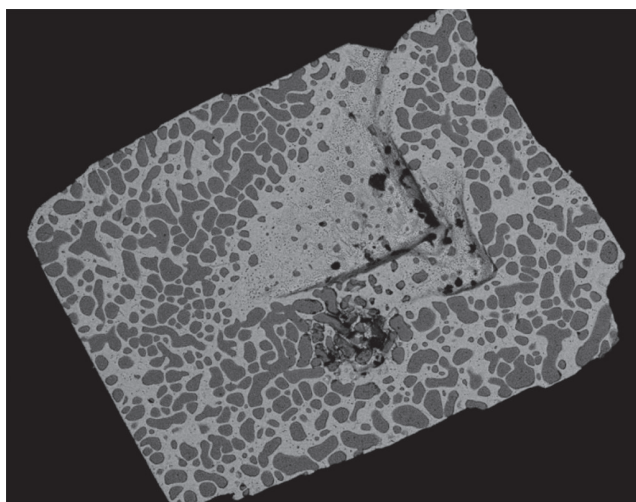


Рис. 1. а - структуры распада твердого раствора NaCl - KCl, изображение в обратно-рассеянных электронах. Темно-серое - NaCl, светло-серое - KCl. Ширина поля зрения 2 мм. б - структуры распада твердого раствора KCl-NaCl, изображение в обратно-рассеянных электронах. Темно-серое - NaCl, светло-серое - KCl. Ширина поля зрения 2 мм

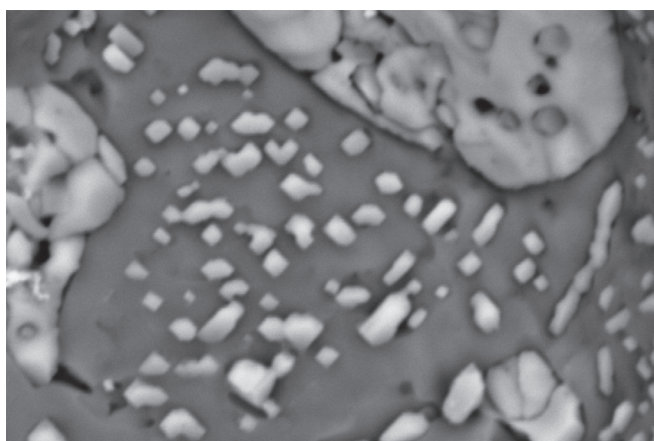


Рис. 2. Включения кристаллов KCl в NaCl, изображение в обратно-рассеянных электронах. Темно-серое - NaCl, светло-серое - KCl. Ширина поля зрения 70 мкм

стый” (практически без калия) галит наблюдается во вторичных и, вероятно, переотложенных корках в низкотемпературных частях фумаролы. Также он отмечается в виде отдельных кристаллов в зоне с максимальной температурой, где кроме галита присутствует и гематит. Смесь KCl и NaCl отмечается в зоне, промежуточной между наиболее горячей и холодной частью фумаролы. Для сальвина из средне-температурных зон фумаролы Арсенатной характерна примесь рубидия – до 0.2 мас. %.

*Авторы выражают благодарность И.В. Пекову за консультации при подготовке работы. Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 14-17-00048.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Большое трещинное Толбачинское извержение (БТТИ, Камчатка, 1975-1976)/ Под ред. С.А. Федотова М.:Наука, 1980. 637 с.
2. Вергасова Л.П. Об инкрустации фумарол лавовых потоков в эффузиоэксплозивный период БТТИ // Вулканология и сейсмология. 1983. №6. С. 75-87.
3. Набоко С.И. Извержение Билукая, побочного кратера Ключевского вулкана в 1938 году // Тр. Лаб. вулканологии и Камчатской вулканол. станции. 1947. Вып. 5. 134 с.
4. Пийп Б.И. Ключевская сопка и её извержение в 1944-1945 гг. и в прошлом // Тр. Лаб. вулканологии. 1956. Вып. 11. 309 с.
5. Серафимова Е.К. Минералогия возгонов вулканов Камчатки. М.: Наука, 1979. 168 с.
6. Сафонов В.В., Цыганков В.Н. Свойства твердых растворов системы NaCl-KCl // Журнал неорганической химии. 2011. том 56, №7, с. 1179-1181.
7. Филатов С.К., Вергасова Л.П. Процессы распада и гомогенизации двойных солей NaCl-KCl из инкрустаций фумарол по данным терморентгенографии // Вулканология и сейсмология. 2002. №5, с.25-31.